



# Rutinas de Procesamiento de Imágenes Obtenidas por Difractometría Láser para Determinación de Tamaño de Partículas

N. Palacios, J. León, M. Patiño

Grupo de Óptica y Láser, Programa de Ingeniería Física, Universidad del Cauca.

Recibido 22 de Oct. 2007; Aceptado 16 de Jun. 2008; Publicado en línea 25 de Jul. 2008.

## Resumen

El estudio de pequeñas partículas es muy importante en campos como la industria cerámica, la farmacéutica, entre otros; en los cuales el conocimiento del tamaño de la partícula es de especial interés debido a su influencia sobre la calidad del producto. Entre los métodos más usados para éste fin se encuentran la microscopía y la difractometría láser; éste último presenta algunas ventajas frente al otro, ya que no requiere una delicada preparación de la muestra y la obtención de los resultados no presenta mayores dificultades. En éste trabajo se presenta la implementación de dicha técnica con el fin de obtener el tamaño de partículas. El montaje consta de un láser de 632.8nm previamente filtrado y colimado, unas placas que albergan la muestra, un sistema óptico de acondicionamiento y una cámara CCD que captura el patrón de difracción originado por la muestra. El tamaño de las partículas es hallado a partir de las imágenes obtenidas con la ayuda de una aplicación software, que realiza rutinas de procesamiento de imágenes y extracción de características.

**Palabras claves:** difractometría láser, procesamiento de imágenes.

## Abstract

The study of small particles is very important in many sectors as the pharmaceuticals and the ceramics industry; in which the knowledge of the size of the particle is an special issue, because it affects the quality of the product. The microscopy and the laser diffractometry are the methods more useful for this intention, the last one has some advantages vs. the other one because it doesn't need a delicate preparation of the sample and for obtaining the results it doesn't have many difficulties. In this work the implementation of this technique is introduced to obtain the particle size. The experimental set-up has a laser previously filtered and collimated, a set of films where the sample are, an optical system and a CCD camera that capture the diffraction pattern of the sample. The particle size is found from the obtained images with the help of a software application, which makes images processing routines and the extraction of the characteristics.

**Key Words:** laser diffraction, images processing.

© 2008 Revista Colombiana de Física. Todos los derechos reservados.

## 1. Introducción

En los últimos años, el procesamiento de imágenes se ha convertido en una poderosa herramienta de análisis en muchas aplicaciones, incluyéndose la difractometría láser, que es una buena herramienta para la caracterización de pequeñas partículas, pues con ella se obtiene información acerca del tamaño de las mismas, parámetro que es muy importante en diversos campos de la ingeniería de materiales. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos para el tamaño de pequeñas partículas a partir de difractometría láser y se

ilustra el tratamiento realizado para extraer el valor de la medida.

## 2. Marco Teórico

El principio de la Difractometría Láser se basa en la difracción de Fraunhofer, para la cual el tamaño de la partícula es mucho mayor que el de la longitud de onda. Es decir, la difractometría láser se explica por medio del principio de Huygens; el cual toma a las partículas como emisoras de segundos frentes de onda y explica el patrón formado como

su interferencia en campo lejano. Considerándose que la partícula tiene forma esférica, el análisis de la distribución de intensidad en el plano de observación se encuentra descrito por la ecuación:

$$\begin{bmatrix} S_1 & S_2 \\ S_3 & S_4 \end{bmatrix} = \frac{\pi d J_1(\pi d \sin(\theta / \lambda))}{\lambda \sin \theta} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

donde  $J_1$  es la función de Bessel de primer orden,  $S_1, S_2, S_3, S_4$  son funciones de amplitud y para la difracción de Fraunhofer  $S_3$  y  $S_4$  son cero [1].

El ángulo del primer mínimo de intensidad en el patrón de franjas originado por la esfera está relacionado con el tamaño “d” de la misma, y con la longitud de onda  $\lambda$  por medio de:

$$\sin \theta_{1\min} = 1.22 \lambda / d \quad (2)$$

El patrón de las partículas obtenidas por medio de difracción láser puede aparecer alterado debido a diferentes causas, como por ejemplo el speckle originado por la fuente de luz láser, patrones de difracción de partículas presentes en el ambiente o imperfecciones en los implementos utilizados (lentes, filtros, elementos de sensado, etc); a causa de ello, se hace necesario procesar las imágenes para obtener un tamaño de partícula más fiable.

Para minimizar la aparición de éste tipo de errores como primera medida se deben seleccionar elementos en buenas condiciones y realizar un buen filtrado y colimación del haz; sin embargo, existen factores aleatorios que deterioran la calidad de la imagen, por lo que es necesario realizarle procesamiento a la imagen. Este involucra varias etapas, la primera consiste en realizar un filtrado de la imagen para eliminar el ruido en la misma, el cual generalmente consiste en la aplicación de filtros pasabajos, ya sea en el dominio del espacio o en el de la frecuencia. El siguiente paso consiste en resaltar los elementos de interés dentro de la imagen con el fin de prepararla para la segmentación, donde las regiones de interés se aíslan del fondo. Finalmente, las características deseadas se extraen empleando morfología binaria [2].

### 3. Montaje Experimental

Como fuente de luz se empleó un láser de He-Ne debidamente filtrado y colimado, a continuación se ubicaron muestras de pequeñas partículas de polvo, mezcladas con agua destilada, sobre un portaobjetos donde el haz láser apuntaba.

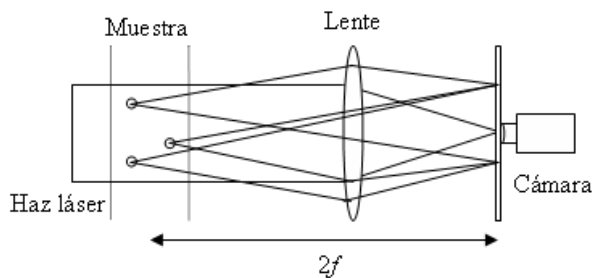


Fig.1. Montaje experimental.

Para llevar la imagen al plano de la transformada de Fourier se utilizó una lente convergente de distancia focal de 5cm y el patrón fue capturado por una cámara CCD de 648x480 pixeles<sup>2</sup>, ver Fig.1 [1].

El tamaño de las partículas se obtuvo llevando a cabo un procesamiento digital de las imágenes que consistió en las siguientes fases: (1) Selección del área de interés, (2) Filtrado, (3) Umbralización, (4) Esqueletización, (5) Filtrado de pequeñas partículas, (6) Medición de pixeles entre los primeros máximos de la función de Bessel, (7) Conversión del número de pixeles a longitud teniendo en cuenta que cada píxel mide 9.9µm y (8) Cálculo del diámetro de la partícula a través de la ecuación 2, aplicándose la longitud hallada entre los máximos de la función de Bessel.

### 4. Resultados

En las siguientes imágenes se observa el proceso efectuado sobre el patrón capturado por la cámara CCD, en las cuales se muestra la evolución de la imagen hasta obtenerla de forma mejorada:

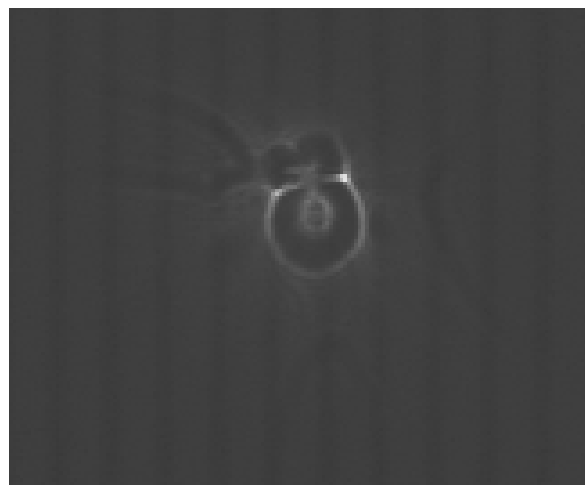


Fig.2. Patrón de difracción de la muestra.

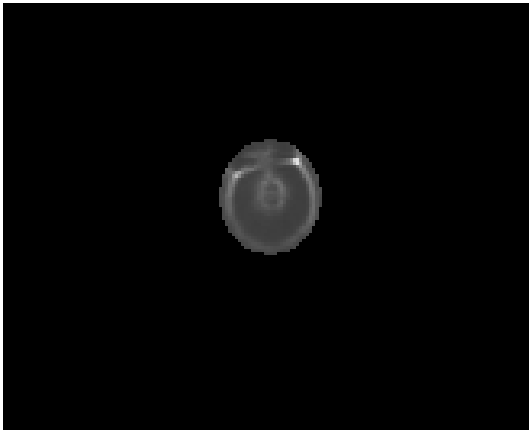


Fig.3. Selección del área de interés.

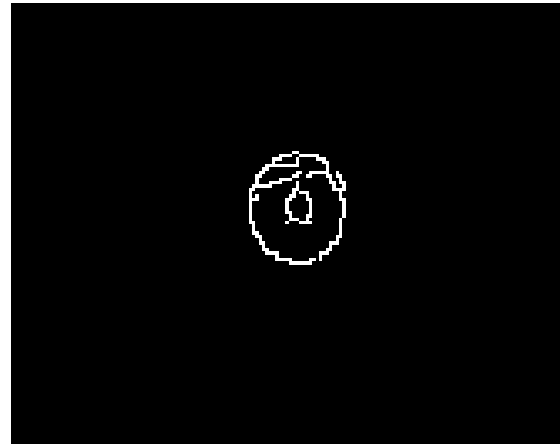


Fig.6 Eliminación de pequeñas partículas.

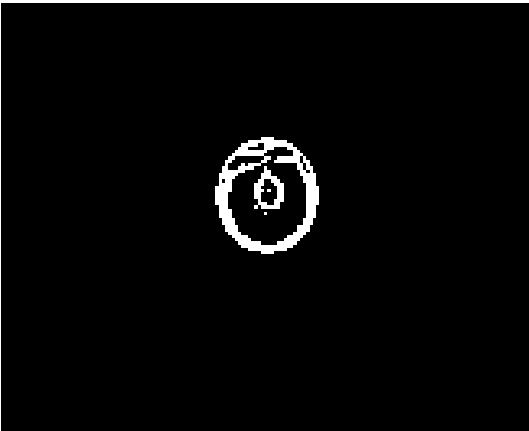


Fig.4. Umbralización.

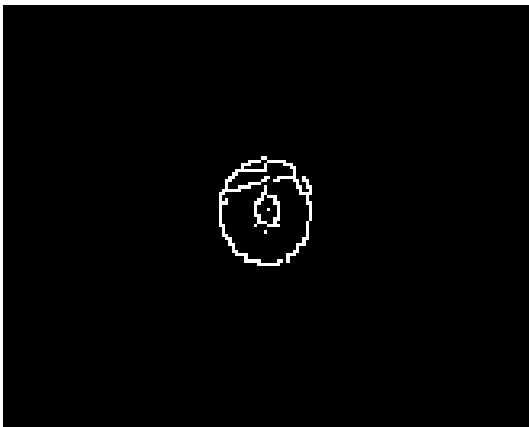


Fig.5 Esqueletización.

Tabla No.1 Diámetro de las partículas tomadas en un microscopio óptico.

Muestra 1 [ $\mu\text{m.}$ ]	Muestra 2 [ $\mu\text{m.}$ ]	Muestra 3 [ $\mu\text{m.}$ ]
486.486	540.540	945.945

Tabla No.2 Diámetro de las partículas tomadas por difractometría láser.

Muestra 1 [ $\mu\text{m.}$ ]	Muestra 2 [ $\mu\text{m.}$ ]	Muestra 3 [ $\mu\text{m.}$ ]
649.845	599.857	1110

En la Tabla No. 1 se presentan los valores de los diámetros de las partículas medidos en un microscopio óptico, y en la tabla No.2 se encuentran los valores medidos por medio de difractometría láser.

### Conclusiones

El procesamiento de imágenes es una herramienta útil que permite atenuar distorsiones propias de los elementos presentes en un sistema de difractometría láser, tales como defectos en lentes, partículas en el ambiente, speckle, entre otros, permitiendo una determinación más confiable de los máximos y mínimos presentes en el patrón que a simple vista.

### Referencias

- [1] Renliang Xu, Particle Characterization: light scattering methods, capítulos 2 y 3, 2002.
- [2] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Digital Image Processing, 2002.